ESPERIENZE

intorno alle

CORRENTI ELETTRO - FISIOLOGICHE

NEGLI ANIMALI A SANGUE CALDO

del

DOTT. LEOVIGILDO - PAOLO FARIO

e del

PROF. FRANCESCO ZANTEDESCHI

MEMORIA I.

Lo studio dell'elettricità considerata o come causa dei fenomeni della vita, o come speciale e prossimo effetto della medesima, è oggidì l'argomento in cui versano insieme la fisica e la medicina. La fisica, in mezzo a sì luminosi progressi a cui la sollevano tante recenti scoperte, da sè sola non basta però a scrutare i misteriosi laberinti dell'organismo vitale. Da sè sola non potrà mai investigare sino a qual punto sieno applicabili alla vita le leggi universali delle materie imponderabili, e come e quanto queste medesime leggi vadano modificate dall'impero della vitalità, di quell' arcana potenza cioè che la materia obbediente alla legge dell'universa natura, per intrinseca sua virtù, in materia viva tramuta.

D'altra parte, la medicina scompagnata dalla fisica, nè armata di quegli ingegnosi apparati, nè dotta di quei sottili accorgimenti onde ella chiama a sè dinanzi e disvela le sfuggevoli mutazioni della materia, non poteva intimamente indagare l' analogia o la medesimezza delle cagioni o delle forze produttrici determinati effetti nella materia dell'universo, cogli effetti che da quelle stesse cagioni e da quelle forze medesime derivano alla meravigliosa economia della macchina viva.

Era d'uopo che l' una venisse in ajuto dell'altra e che i fisici e i medici collegati a meditare un piccolo mondo

vivente, studiassero in esso il compendio di tante leggi dell'infinita natura, o queste leggi ad esso applicassero, cercando (se pur sia possibile) di rilevare alcun che di quelle modificazioni che producono o mantengono il magistero della vita.

Quindi gli sperimenti, per cui si volevano investigare i fenomeni de' quali negli esseri vivi è cagione l'elettricità, e per cui volevasi misurare quale e quanta parte nelle manifestazioni della vita (chè noi non oseremo dire nell'essenziale adempimento delle funzioni di essa) abbia il fluido elettrico, a quali singole o generali condizioni soggiaccia, quali ne sieno le direzioni, quali le vie percorse, e tante e tante altre verità che l'instancabile pazienza degli osservatori giugnerà forse a scoprire, quegli sperimenti era d' uopo che si facessero insieme dai medici e dai fisici.

Perciò gli egregi professori di Pisa Puccinotti e Pacinotti istituirono in una e raccolsero le loro osservazioni e sperienze, e primi pubblicarono ad esempio altrui esattissime indagini, la somma delle quali può stringersi nelle seguenti conclusioni, che avvisiamo utile di premettere a ciò che da noi fu tentato in questo argomento.

I professori Puccinotti e Pacinotti furon condotti dalle loro sperienze alle seguenti deduzioni:

Che negli animali viventi esiste una corrente, *elettro-vitale*, o *nevro-elettrica*, che ha per precipuo carattere d'esser l'effetto d'una reazione vitale sia automatica o volontaria, e d'essere se non causa della vita, almeno quell'effetto prossimo e speciale che la sola vita sa produrre, la sola vita sa mantenere; che si può scandagliare od ottenere piu o meno evidentemente in ragione della particolar natura dei metalli impiegati e della forma degli scandagli; che questa corrente va nella direzione dal nervo al muscolo, ed è

in istretta ed intima attinenza coll' energia e coi mutamenti fisiologici della vita, e nulla ha a che fare colle correnti *elettro-chimiche* o *termo-elettriche*; che i moti convulsivi degli animali ne accrescono la manifestazione, come il dolore la indebolisce; che questa corrente s' attiene alla stessa differenza che v' ha tra la vita animale e la vita organica, seguendo cioè nel primo caso le fasi della vita animale ed estinguendosi con essa, e nel secondo durando anco cessata la vita animale sino a quanto può durare la vita organica dopo la vita animale.

La corrente che si ottiene dalla vita organica fu da que'valenti sperimentatori denominata *corrente cardiaca*, intorno alla quale però le loro sperienze non bastarono a dedurre norme generali e positive.

Tale può dirsi la somma delle essenziali conseguenze che derivano dagli sperimenti istituiti dai profess. di Pisa, e tale è il punto a cui toccarono le loro dottrine elettro-fisiologiche.

Noi però non vorremmo che in veggendoci scrutar le leggi colle quali la vita governa negli operosi suoi penetrali la natura del fluido elettrico, colle quali forse ne dirige il movimento, ne modifica le proprietà, ne determina le vie e la direzione, non vorremmo che altri ci avesse come settarii della scuola di quegli *elettro-vitalisti*, che l' intima essenza della vita ripongono in un conflitto di chimiche affinità, in un complesso di composizioni e ricomposizioni, in assidui mutamenti assimilativi o eliminatorii prodotti dal contatto di quelle eterogenee sostanze di cui si formano gli organi animali; dal qual contatto come altrettante pile voltaiche si generino, operanti nei corpi viventi lo svolgimento di quella elettricità che è causa insieme ed effetto, secondo loro, della forza vitale. Perciò

lo stato fisiologico non consiste che nell'equilibrio di queste elettriche efficienze, e nel disequilibrio sta il patologico. Quìndi la cessazione degli svolgimenti elettrici dalle pile animali non è che la morte, come la vita, a definirla con un solo vocabolo, non è che un' incessante *polarità.*

Ma noi francamente ed apertamente dichiariamo che tali non sono le nostre idee fisiologiche e patologiche, noi che andiamo persuasi esser la forza vitale una forza primitiva che informa della sua virtù la materia che intrinsecamente le viene a contatto, e sulla quale opera quelle mirande metamorfosi, per cui, come sopra dicemmo, *la materia obbediente alle leggi comuni della natura, per intrinseca sua virtù, in materia viva tramuta.*

Qual è umana ragione che valga a persuadere poter il fluido elettrico, diciamolo pure *animale* o *animalizzato*, assimilar la materia, cangiarne la natura, insomma farla materia viva? E in quale apparato fisico, in qual congegno ha esso fatto di sè queste mirabili prove? Che hanno eglino di singolarmente vitale quegli animali che, produttori d'elettricità in sì gran copia, diconsi perciò animali elettrici?

Ma già intorno a questo argomento non vogliamo oltre procedere, chè tale non è in questo luogo il nostro proposto. Volevamo solamente che non si ignorasse dietro quali fisiologici principii, e con quali idee intorno alla vita noi abbiamo intraprese le sperienze che ora esporremo; idee, che se male non ci apponiamo, non saranno dissimili da quelle degli egregi professori di Pisa.

Dai risultamenti dei loro tentativi si dipartiron le nostre sperienze, le quali abbiamo voluto eseguire alla presenza di varii colleghi, perchè ci fossero testimonii dei fatti.

Siccome la corrente *nevro-elettrica* si può ottenere più o meno evidente in ragione della particolar natura dei metalli impiegati, così abbiam voluto dapprima usare degli scandagli di ferro, e poscia di quelli d' argento, e useremo in appresso anco di quelli di platino. Ora presentiamo alcune risultanze ottenute dagli scandagli di ferro e d'argento, e storicamente e nudamente narriamo quelle cose che ci occorsero all' osservazione.

E primieramente alla maggiore intelligenza dei fatti faremo precedere una brevissima descrizione di quanto costituisce lo sperimento.

Gli strumenti all'atto operativo necessarii sono un *galvanometro*, due *stili metallici* che si dicono anche *scandagli*, o *reofori* (sieno dessi di ferro, d'argento, o di platino ec.) metallicamente saldati ai due capi del filo conduttore del galvanometro, e un *animale vivo*.

Posto il galvanometro in sito isolato e lontano da oggetti metallici e specialmente di ferro, assicuratolo in luogo dove non risenta scosse od urti di sorta, non molto lunge dallo stesso galvanometro in apposita macchinetta, che è una specie di cassettina colle sponde assai basse, tutta quanta di legno, e di cui non deve far parte atomo alcuno di ferro, in essa è mollemente legato un animale vivo, il quale viene ad esser compreso nel circuito del galvanometro nel modo che ora diremo.

Uno degli stili metallici, *scandagli* o *reofori* che dir si vogliano, metallicamente saldato, come avvertimmo, all'uno de' capi del filo conduttore del galvanometro, e munito di manico isolante, s'immerge tutto ad un tratto in una parte dell' animale vivo, mentre l'altro scandaglio, del pari metallicamente saldato all'altro capo del filo conduttore. e del pari munito di manico isolante, s'immerge in altra

parte dello stesso animale. È quindi evidente che il circolo riesce compiuto dai due capi del filo conduttore del galvanometro mediante l'interposizione dell'animale.

In quell'atto in cui s'infiggono i due stili metallici nelle due diverse parti dell'animale, che è come dire in quell'atto in cui si compie il circuito, dal torrente della vita animale si sviluppa, per effetto di vitale reazione, una corrente elettrica, la quale dalla presenza di quel corpo metallico che sta immerso nel plasma organico distratta e sprigionata dai suoi naturali conduttori animali, si dirige lunghesso gli scandagli e i fili conduttori che a loro stanno saldati onde compiere il circolo nei fili stessi e nelle interposte parti animali; se non che, in questo medesimo circolo dovendo la corrente attraversare il moltiplicatore del galvanometro, le deviazioni che accadono nell'ago magnetico di questo strumento misurano l'intensità e la direzione della corrente medesima (1).

E questo è tutto ciò in cui veramente consiste lo sperimento e il semplice meccanismo del medesimo, del quale abbiamo riferite queste minute particolarità a lume di chi volesse ritentar queste prove, e alla più facile intelligenza di quei medici a cui non sono comuni questi congegni della fisica.

Delle avvertenze necessarie alla felice riuscita delle sperienze poco ci resterà a dire, poichè ognuno vede di

(1) È bene notare che i rapporti dei gradi reometrici colle correnti non sono per anco in un modo assoluto conosciuti dai fisici, sicchè i gradi segnati dalla deviazione dell'ago non si danno in questi sperimenti come equivalenti all'intensità delle correnti; ma solo come quelli che esprimono un più od un meno relativo.

per sè che la squisitezza del galvanometro, che la natura del metallo impiegato, che le preparazioni dolorose dell'animale, che l'omogeneità degli scandagli, che ogni intervento di sostanze chimiche, che la natura della stagione, lo stato dell'atmosfera, lo sviluppo organico e l'età dell'animale, e finalmente la sua maggiore o minore sensibilità ec., sono circostanze che devono avere grandemente influenza sulle risultanze di tali indagini; circostanze che devono di continuo star dinanzi alla mente del medico e del fisico sperimentatore.

Poste le quali cose, volendo ora definire lo scopo essenziale di tali sperienze, diremo: altro non esser che quello d'investigare se negli animali a sangue caldo esistano correnti elettriche, e quali attinenze serbino alla vita, qual ne sia l'intensità, quale la direzione, e come e quanto si possano scandagliare.

Che esistano infatti correnti elettriche negli animali a sangue caldo chiunque vorrà darsi la pena di venire a indagini sperimentali se ne dovrà di leggeri convincere. Ma queste correnti si dovrebbro poi dir elleno propriamente *vitali?* E dato che si vogliano chiamare con questo nome, che cosa dovrebbe intendersi per *corrente vitale?*

Alla soluzione di tali quesiti abbisognano lunghi studii e reiterate sperienze, e abbenchè gli illustri professori di Pisa siensi molto addentrati in queste oscure materie, tuttavia noi ci terremo riservati nel pronunziare i nostri giudizii. Solamente diremo che siccome gli sperimenti che per noi si tentarono, dapprima non ebbero che in mira di esplorare i fenomeni avvertiti dai professori Pisani, così credemmo necessario di partire dalla radicale loro idea e dal principiò già per loro fissato e stabilito, che cioè la corrente *elettro-vitale*, così denominata da que' valenti

sperimentatori, come sopra dicemmo, sia quella *che ha per precipuo carattere d'esser l'effetto d'una reazione vitale sia automatica o volontaria; e che se non è causa della vita, ne è quell'effetto prossimo speciale che la sola vita sa produrre, la sola vita sa mantenere. Quella corrente adunque che parte dall'intimo chimismo della vita non è che vitale e non può confondersi colle correnti elettro-chimiche comuni, nè colle termo-elettriche.*

Con queste medesime parole definirono i professori Puccinotti e Pacinotti la corrente vitale, la qual definizione noi abbiamo letteralmente riprodotta, come quella che forma il cardine di tutte le indagini sperimentali.

Quindi noi pure adotteremo il vocabolo di corrente *elettro-vitale*, qualunque sieno i nostri pensamenti su questo proposito; pensamenti che dopo lunghi e assidui tentativi, replicati in circostanze svariate, con mezzi d'ogni maniera, in istagioni e in condizioni atmosferiche diverse e contrarie, come ci proponiamo di fare, verranno o confermati o smentiti.

Ma data l'esistenza d'una corrente *elettro-vitale* negli animali a sangue caldo, dato che si possa misurarne dal galvanometro l'intensità e la direzione, sarà poi dessa questa corrente la sola che esista in quelli animali, o altre correnti coesisteranno ad essa? E se altre correnti vi sono, se ne può egli differenziar la natura, si può egli misurarne l'intensità e la direzione?

Noi possiamo affermare, che almeno altre due specie di correnti negli animali a sangue caldo coesistono alla corrente *elettro-vitale*. Tali sono la corrente *elettro-chimica comune* e la *termo-elettrica*; ambedue le quali erano già state esplorate al pari che da noi dai professori Puccinotti e Pacinotti.

A definire i caratteri della corrente *elettro-chimica comune* bisognerà osservare che due specie di correnti elettro-chimiche si possono ottenere; la corrente *elettro-chimica comune* propriamente detta e la corrente *elettro-chimica vitale*, se con questo nome si vuol chiamare quella corrente che si suppone partire dall'intimo chimismo della vita organica ed animale risedente nel plasma degli organi e dei tessuti.

A differenziar le quali correnti è mestieri avvertire che non si deve intendere altrimenti essere corrente *elettro-chimica in relazione colla vita* quella che si ottiene esplorando cogli scandagli i diversi prodotti, o le differenti secrezioni degli organi: infatti la materiale composizione di questi prodotti, o la chimica loro natura è quasi sempre l'una all'altra per modo in opposizione, che deve necessariamente dar luogo ad una corrente elettro-chimica; a quella guisa medesima che una corrente si svilupperebbe mettendo uno scandaglio nell'acqua acidulata coll'aceto e l'altro in una soluzione di potassa. Ma tali correnti non derivano che dalle leggi comuni dell'universa materia, nè hanno relazione intima colla vita, poichè le secrezioni non si devono considerare essenzialmente di pertinenza vitale che nel periodo della loro elaborazione; compiuto il quale, assumono, come giustamente avvertiva Puccinotti, *un carattere transitivo tra il modo organico e l'inorganico.* Le correnti adunque che si ottengono esplorando le secrezioni devono denominarsi correnti *elettro-chimiche comuni.*

Al contrario la corrente *elettro-chimica* che noi denomineremo *vitale*, cioè *in essenziale relazione colla vita*, sarà quella che si svolge e parte dall'intimo chimismo animale, che nulla ha a che fare colle leggi chimiche comuni; cor-

rente che certo non vogliamo nemmeno immaginare come causa della vita, ma forse come quello speciale effetto che la sola vita è atta a produrre.

Quindi la prima specie o la *elettro-chimica comune* è ben evidente, che si debba ottenere, come si ottiene di fatto, mettendo gli scandagli a semplice contatto delle secrezioni o delle superficie degli organi irrorate da prodotti eterogenei.

La seconda specie all'opposto, cioè quella che dicesi *elettro-chimica vitale*, non si ottiene che penetrando cogli scandagli feritori per entro all'intima compage dei tessuti organici, e destando in loro, per l'atto di quel profondo perturbamento, una forte reazione. Per opera della quale dall'intimo e speciale chimismo della vita si sviluppa e sprigiona quella corrente che in niuna altra maniera si può ottenere o distrarre da' naturali suoi conduttori se non coll'eccitare a grave reazione quel principio che costituisce o governa il chimismo vivente degli organi.

Questa seconda specie di corrente adunque o la si voglia considerare siccome derivante dalla chimica e tutta sua propria operosità della vita sulla materia, o la si voglia considerare come parte essenziale o meglio come indizio o misura di quel principio attivo efficiente la vita medesima, in ogni modo, o nel primo caso *chimicamente* risguardandola o *fisiologicamente* nel secondo, si dovrà sempre concludere che la corrente *elettro-chimica-vitale* o è la stessa cosa che quella che abbiam denominata *nevro-elettrica*, od *elettro-vitale*, o quand'anche fra loro una qualche differenza vi fosse, nello stato delle attuali nostre cognizioni chimiche o fisiologiche certo non potremmo indicare alcuno de' caratteri che le distinguono.

Quindi a progredire ordinatamente in questa materia noi per ora ammettiamo essere una e identica in senso nostro la significazione di corrente *elettro-chimica vitale*, o *nevro-elettrica*, od *elettro vitale*, confessando apertamente di non volere nè di potere in alcun modo definire se dessa corrente possa essere effetto della vita, o l'indizio e la misura soltanto del principio efficiente la medesima.

Se non che, alla più facile intelligenza del subbietto sceglieremo di denominare la corrente elettro-chimica che non deriva essenzialmente dai processi vitali, col nome di *elettro-chimica comune* per differenziarla dall'altra che sta in essenziale relazione colla vita, che diremo sempre *elettro-vitale* o *nevro-elettrica*.

Oltre alle indicate due specie di correnti anche una terza specie si può ottenere nell'atto operativo delle sperienze. Tale si è quella che può derivare dal vario grado di temperatura delle diverse parti animali che si scandagliano. Questa corrente si disse perciò *termo-elettrica;* la quale, come ognun vede, da nient'altro derivando se non che da uno squilibrio di calorico, così appartiene ai fenomeni o alle leggi dell' universa materia, e non istà in relazione essenziale alla vita. Oltre a ciò siccome per le indagini dei fisici e dei fisiologi, e per le osservazioni di Davy, di Becquerel, e per le nostre medesime, è già provato essere la temperatura degli animali uguale e presso a poco costante in tutte le loro parti, così la corrente *termo-elettrica* o è nulla, o di pochissima importanza in queste sperienze. Se non che intorno all'argomento della corrente *elettro-chimica comune* e *termo-elettrica* diremo altrove quali sperimenti da Puccinotti e Pacinotti e da noi sieno stati istituiti; sperimenti che provano fuor d'ogni dubbio che queste due specie di correnti nulla hanno a

che fare colla corrente *elettro-vitale*, che è appunto l' argomento a cui ora torniamo.

Ci basta a questo luogo d'avere accennato tutto ciò che si poteva agevolmente mettere in campo quasi naturali obbiezioni alla validità delle nostre sperienze, e d'aver mostrato chiaramente, se non c'inganniamo, come si debbano differenziare queste varie correnti.

Vogliamo ancora avvertire che le deviazioni dell'ago del galvanometro indicanti le correnti, noi le abbiamo in ogni caso misurate da quella prima escursione che fece l'ago medesimo nell'atto che si infisse l'ultimo scandaglio, che cioè si compieva il circuito; chiuso il quale l'ago non tornò mai alla prima postura, cioè a quel luogo da dove era partito, ma se ne mantenne anzi sempre deviato durante lo sperimento, e la deviazione ad *indice fisso* fu talora di 3, talora di 4, di 7 e perfino di 15 gradi. Questa circostanza era necessario che si notasse, onde chiaramente si comprendesse il modo per cui furono da noi stabiliti i gradi delle correnti.

Le quali cose serviranno in certa guisa di prolegomeni onde si presentino nel più lucido ordine possibile queste per loro stesse non chiare materie, e perchè più evidenti appariscano i risultamenti delle nostre sperienze, le quali abbiamo cercato di disporre e coordinare in modo che possano facilmente condurre il lettore all' intelligenza delle cose da noi, e da altri insieme con noi, osservate, aggiungendo ad ogni ordine di sperimenti alcune annotazioni sommarie che riepiloghino e mettano in evidenza quelle deduzioni che possono derivare dalle sperienze. Le risultanze essenziali o fondamentali delle medesime si possono compendiare nelle seguenti proposizioni:

Propos. I. *Negli animali a sangue caldo esiste una corrente* elettro-vitale o nevro-elettrica, *che noi chiameremo* esterna o cutanea, *la quale scorre per entro al tessuto cutaneo, e va nella costante direzione dalle estremità all' asse cerebro-spinale per la via del galvanometro. L' intensità di questa corrente, secondo gli sperimenti fatti con reofori o scandagli d' acciajo, si ottiene generalmente maggiore, che usando degli scandagli d' argento.*

A stabilire questa proposizione fummo condotti dagli sperimenti che ora andremo esponendo.

1.° ordine di sperimenti.

Nel giorno 1.° di decembre, presenti i sigg. dott. Asson, Benvenuti, Fassetta, Zanardini e Ziliotto, essendo la temperatura ad 8 gradi sopra lo zero, e l'aria piuttosto secca, (*ciò che non è senza importanza il notare quando si parli di sperimenti elettrici*) e usando del galvanometro di Nobili, e di reofori d' acciajo attaccati a conduttori di rame tutti coperti esattamente all' ingiro d' un filo di seta, sottoponemmo un robusto coniglio ai seguenti tentativi.

Sperienza 1. Esplorati i reofori o scandagli, e trovatili omogenei (*ciò che non abbiam mai tralasciato di fare in tutti gli altri sperimenti*) coll'ajuto d'una tanaglietta s'infisse obbliquamente l' uno dei medesimi entro alla cute del capo dell' animale sino a penetrare alquanto nella sostanza cerebrale, l' altro si impiantò, attraversando la cute, in un muscolo della coscia dell'animale medesimo. In questo sperimento che si replicò per ben dieci volte, infiggendo lo scandaglio quando prima nella coscia, e quando prima nel

cervello, e viceversa (si noti bene in ogni caso attraversando la cute), ottenemmo una corrente che fu sempre diretta, per la via del galvanometro, dall' estremità al capo dell' animale. La minima intensità di questa corrente fu di 4 gradi, e la massima di 15. Nell'atto di levare ora l'uno ora l'altro degli scandagli dalle parti in cui stavano infissi, l'ago del galvanometro frequentemente fu visto, dal punto a cui dapprima aveva deviato, a retrocedere dai 3 ai 5 gradi. In tutti questi sperimenti l' animale fu sempre vivace e pronto a risentirsi d' ogni tormento.

Sperienza II. Si rinnovò la sperienza conficcando uno degli scandagli (attraversando la pelle) nel midollo spinale, e l'altro (parimenti attraversando la pelle) nei muscoli della coscia. L'animale diè segni gravi di sofferenza, e quantunque fosse vivace e irritabile come nel primo sperimento, tuttavia non si ebbe che una corrente di 6 gradi, diretta, per la via del galvanometro, dalle estremità al midollo spinale. Anche questa sperienza si ritentò quattro volte, coll'avvertenza d' infiggere lo scandaglio ora prima nella coscia, ed ora prima nel midollo spinale, e tuttavia la direzione della corrente fu sempre la stessa. Nell'atto di levare or l' uno or l'altro degli scandagli vi ebbe qualche grado di retrocessione dell' ago del galvanometro, ma non molto apprezzabile.

Sperienza III. Giunti a questo punto, l' animale mostrò che gli veniva meno la vita e quindi pensammo di lasciare infisso lo scandaglio (sempre attraversante la pelle) nella midolla spinale, e di compiere il circolo con minor numero di parti animali, scegliendo nello stesso mentre quegli organi in cui è più attiva e più palese la vita. Quindi l'altro scandaglio fu conficcato (attraversando la pelle) entro il torace, e quando venne infitto nel polmone, quando

nel cuore; la corrente che se ne ottenne fu dagli 8 ai 26 gradi, e sempre diretta, per la via del galvanometro, dal torace al midollo spinale. E questi sperimenti si ritentarono per quattro volte con esito manifesto; e fu appunto nel caso in cui l'animale era in preda a violenti moti convulsivi, che si sprigionò una corrente di 26 gradi, della quale per contrario, nel ritentare una quinta volta lo sperimento, non si ottenne quasi neppure un indizio, lo che avvenne in quel mentre che l'animale spirava.

ANNOTAZIONI SOMMARIE.

In queste sperienze furono da osservarsi le circostanze seguenti:

1.° Che gli scandagli erano d'acciajo, e della forma di due grossi aghi da cucire.

2.° Che gli scandagli s'infissero nei varii organi, *ma sempre attraversando la pelle.*

3.° Che la corrente fu sempre diretta dalle estremità all'asse cerebro-spinale.

4.° Che la minima intensità della stessa fu di 4 gradi, la massima di 26.

5.° Che vi ebbe retrocessione dell'ago del galvanometro nell'atto del togliere uno degli scandagli dalle parti in cui stava infisso.

6.° Che la corrente fu maggiore o più avvertita dal galvanometro quanto più le parti animali esplorate furono vicine al cervello o al midollo spinale.

7.° Che nel periodo di tempo in cui l'animale mostrò maggiori sofferenze la corrente fu meno intensa, al contrario fu molto più intensa quando era in preda ai moti violenti convulsivi.

8.° Che coll'estinguersi della vita cessò eziandio la corrente.

Queste sono le principali cose che si dovevano per noi naturalmente avvertire; ma ciò che di più singolare ci av-

veniva d'osservare era la direzione della corrente contraria a quella ottenuta dai professori Puccinotti e Pacinotti; la quale leggevamo essere stata diretta dal cervello all'estremità, ossia dal nervo al muscolo.

Quindi scrutando la ragione di questo fatto pensammo di sperimentare i varii strati animali; dubitando non forse vi potesse essere varietà di correnti dall' uno all' altro strato.

II.° ORDINE DI SPERIMENTI.

Allo scopo di verificare se una corrente parziale esistesse nello strato cutaneo degli animali a sangue caldo, siccome potevamo assai dubitare, ecco le sperienze per noi istituite alla presenza dei signori dottori Asson, Benvenuti e Fassetta.

Sperienza IV. Nel giorno 8 decembre, essendo la temperatura a 3 gradi sopra lo zero, e l'atmosfera nebbiosa ed umida, trapassata con un reoforo o scandaglio d' acciajo la cute pennuta del capo d'una gallina, e coll'altro la cute di una coscia della medesima, osservammo che v' aveva una corrente di 6 gradi diretta, per la via del galvanometro, dalla coscia alla testa. Ripetuto dieci volte lo sperimento si notò qualche anomalia nelle singole risultanze, derivante probabilmente da ragioni chimiche agenti sugli scandagli, ma però nel maggior numero delle volte la direzione della corrente dalle estremità alla testa fu confermata.

Sperienza V. Ai reofori d'acciajo si vollero sostituire quelli d'argento, di forma più ampia di quelli d'acciajo, il che è da notarsi. Di questi reofori infisso il primo nella cute della testa e l'altro in quella dell' inguine, si ottenne tosto una corrente di 9 gradi, diretta, per la via del galvanometro, dall' inguine alla testa.

Nel ritentare questa sperienza vi ebbero nuovamente delle anomalie, onde talvolta ci parve che la corrente si dirigesse da quel lato in cui per ultimo s'infiggeva lo scandaglio. Sicchè esplorati i reofori, e resili perfettamente omogenei e perfettamente ripuliti da ogni velamento sanguigno, si tornò allo sperimento, che per quattro volte ripetuto, diede poi costantemente una corrente di 9 a 10 gradi, diretta, per la via del galvanometro, dall' inguine alla testa.

Questi fatti ci indussero a credere che nel tessuto cutaneo la direzione della corrente fosse veramente dalle estremità alla testa; quindi alla presenza dell' I. R. consigliere di governo Bischoff, illustre prof. di fisiologia nell' Accademia Giuseppina di Vienna, del sig. dott. Vesth protomedico dell' I. R. Marina, del prof. Wüllerstorf, direttore della R. specola di Marina, e del sig. dott. Benvenuti si fecero le seguenti sperienze.

Sperienza VI. Nel giorno 20 dicembre essendo la temperatura circa a 6 gradi Reaum. e l'atmosfera piuttosto umida si infisse uno scandaglio d' argento nella cute della testa d'un coniglio, e l'altro scandaglio parimenti nella cute della coscia. Si ebbe tosto una corrente di 9 gradi, diretta, per la via del galvanometro, dalla coscia alla testa. Col togliere uno scandaglio, fosse quello della testa o della coscia, si notò che l' ago del galvanometro retrocedeva di circa 6 gradi.

Questo sperimento si volle rinnovare per ben dodici volte mettendo prima ora lo scandaglio nella cute dell' una o dell'altra coscia, ora in quella del capo, e non pertanto i risultamenti furon perfettamente e costantemente gli stessi. Del qual fenomeno, come della costante identità del medesimo, l' egregio prof. Bischoff specialmente ebbe non poco a compiacersi e a meravigliare, e tanto più che isti-

tuiti subito dopo nel medesimo animale altri sperimenti sui visceri denudati della cute (del che si farà altrove parola), avemmo per sedici volte continue immutabile la direzione della corrente del cervello alle estremità. Del qual fatto, che qui giova semplicemente accennare, riferiremo a suo luogo le particolarità.

ANNOTAZIONI SOMMARIE.

In questi sperimenti è da osservarsi:

1.° Che non solamente la natura dei metalli influì a far più o meno isprigionare la corrente, ma ancora l' ampiezza della superficie degli stromenti impiegati, per cui i reofori d'argento di forma più ampia di quelli d'acciajo, raccolsero, sotto questo rapporto, una corrente più intensa.

2.° Che la maggiore o minore profondità in cui si infisse il reoforo ebbe del pari influenza sulla intensità della corrente.

3.° Che le varie anomalie successe nelle sperienze è probabile che in gran parte sieno state cagionate dalle azioni chimiche degli umori dell' animale colla superficie dei metalli impiegati.

4.° Che rendendoli ripuliti ed omogenei il più spesso, si possono evitare queste medesime anomalie.

Tali furono le sperienze e le osservazioni che ci condussero a stabilire la sovrenunziata proposizione, che cioè la corrente cutanea si diriga *dalle estremità alla testa* o *all' asse cerebro-spinale.*

L'altra proposizione che potemmo stabilire dietro le nostre sperienze si è:

Propos. II. *Che negli animali a sangue caldo esiste una corrente* elettro-vitale *che scorre dall'asse cerebro-spinale agli organi interni sottoposti alla cute, e per ciò la diremo corrente* elettro-vitale interna. *La sua direzione*

costante è dall' asse cerebro-spinale *agli altri visceri, oppure dal nervo al muscolo, per la via del galvanometro. L' intensità della corrente* interna, *esplorata con reofori o scandagli di ferro, è in generale maggiore di quella che ottiensi con reofori d' argento.*

A fondare la qual proposizione ci condussero gli sperimenti che seguono:

III.° ORDINE DI SPERIMENTI.

Sperienza. VII. Alla presenza dei sigg. dottori Asson, Benvenuti, Fassetta, Ziliotto essendo la temperatura a 2 gradi Reaum. sopra lo zero, e l'atmosfera alquanto umida, aperto il ventre ad un coniglio, e denudata la colonna vertebrale alla regione del collo, s'infisse uno scandaglio d'acciajo nel plesso gastrico di quest' animale, senza penetrare in alcun modo nel ventricolo, e l'altro scandaglio, parimenti d'acciajo, si conficcò nella midolla spinale cervicale e si ebbe una corrente di 12 gradi diretta dal midollo al plesso per la via del galvanometro, abbenchè l'animale, che per le dolorose preparazioni aveva molto sofferto, fosse in istato di gravissimo abbattimento. Questa sperienza si ritentò cinque volte infiggendo ora prima, ora dopo gli scandagli d' acciajo in questa o in quella delle due parti soprenunziate, e la corrente fu sempre nella stessa direzione, dal midollo spinale al ventricolo. Se non chè nell' ultimo sperimento essendo l'animale presso a morte non si ottenne che una corrente di 4 gradi.

Sperienza VIII. Denudato ad un giovane ma robusto coniglio il cervello e messo del pari a nudo il cuore si infisse nel lobo destro del cervello medesimo un reoforo

d'acciajo, e l'altro si conficcò nel cuore. Si ottenne tosto una corrente di 25 gradi diretta, per la via del galvanometro, dal cervello al cuore, corrente che si ottenne sempre minore nel ritentare per quattro volte di seguito gli sperimenti, nell' ultimo de' quali, sendo l'animale in estrema prostrazione, non si ebbe che una corrente di 4 gradi.

Tali furono gli sperimenti fatti coi soli scandagli d'acciajo; ora diremo quelli che si fecero comparativamente cogli scandagli d'acciajo e poscia con quelli d'argento e viceversa, onde avere una positiva nozione sull'influenza dell' uno e dell'altro dei due metalli in questo genere d'investigazioni.

IV.° ORDINE DI SPERIMENTI.

Sperienza IX. Posto a nudo il lobo destro del cervello e gl' intestini e il ventricolo d' un coniglio, si conficcò nel primo uno scandaglio d'argento, e l'altro nelle lamine del grande arco del ventricolo senza trapassarle od entrare in cavità. Si ottenne da questo sperimento una corrente di 7 gradi per la via del galvanometro diretta dal cervello al ventricolo, corrente che sotto i movimenti convulsivi dell'animale si vedeva crescere di circa 2 gradi.

Sperienza X. Nel ritentare questa stessa sperienza cogli scandagli d'acciajo si ottenne una corrente di 25 gradi invece che di 7, quale si era avuta dagli scandagli d'argento; corrente ugualmente diretta dal cervello al ventricolo, come quella ottenuta dagli scandagli d'argento.

Rinnovando per varie volte queste sperienze si ebbero sempre correnti minori dagli scandagli d' argento che da quelli d' acciajo, ma non se ne vide mai cangiata la direzione, e spesse fiate nell'aprire il circuito si ottennero, tan-

to sperimentando coi reofori d'argento come con quelli d'acciajo, sensibili retrocessioni dell'ago del galvanometro, cioè di 3 a 4 gradi.

Sperienza XI. Infisso un reoforo d'argento nel lobo sinistro del cervello dello stesso coniglio e l'altro nel cuore, si ottenne una corrente di 5 gradi diretta dal cervello al cuore. Subito dopo nelle medesime parti infissi gli scandagli d'acciajo, si ebbe una corrente di 25 gradi nella stessa direzione di quella ottenuta cogli scandagli d'argento.

E queste alterne prove si rifecero sei volte sempre cogli effetti medesimi, tranne che la corrente decrebbe col venir meno della vita dell'animale, e tranne che in due casi ne' quali si vollero scandagliare il cervello col fegato e poi col polmone si ottennero risultanze assai anomale caratterizzate dall'andare e dal retrocedere, ossia da oscillazioni incerte dell'ago del galvanometro, le quali come che non provano nè in favore nè contro gli sperimenti, così vogliamo accennarle solamente per l'esattezza e l'integrità dell'esposizione di ciò che osservammo.

In ciò stette il metodo semplice comparativo per noi usato a sperimentare con queste due specie di metalli.

Ora esporremo quanto abbiamo ottenuto sperimentando coi soli reofori d'argento.

Sperienza XII. Nel giorno 20 decembre essendo la temperatura circa 6 gradi Ream. e l'atmosfera come si disse piuttosto umida, alla presenza di quegli stessi colleghi di cui parlammo nell'accennare le circostanze che precedettero lo sperimento VI, (giacchè le sperienze che ora narriamo furono tentate in quel medesimo giorno e in quella stessa occasione) fu denudato il cervello d'un coniglio, giovane, robusto e vivace, e furono posti allo scoperto gli intestini

e il ventricolo dello stesso animale, non che i muscoli della coscia. Conficcato uno scandaglio d'argento nella parte posteriore del cervello e l'altro nei muscoli della coscia ottenemmo una corrente di 7 gradi, diretta per la via del galvanometro, dal cervello alla coscia. Nel ripetersi dello sperimento si punzecchiò l'animale, per cui sotto le scosse e i movimenti convulsivi del medesimo si vide costantemente accrescersi di 2 fino ai 5 gradi l'intensità della corrente, sempre nella medesima direzione. Due volte che nell'infiggere di nuovo lo scandaglio nel cervello l'animale gridava e dava segni di forti dolori, la corrente erasi tosto diminuita quando di 3, quando di 4 gradi, e una terza volta era giunta allo zero, ossia vi fu sospensione di corrente, e in quattro altri casi si osservò assai di più, che cioè sotto la spasmodia del dolore, tanto quand'era eccitato dallo scandaglio feritore del cervello, come dall'altro scandaglio che feriva la coscia, in un caso e nell'altro vi ebbe persino *contro-corrente*, vale a dire la corrente invertì la sua direzione, facendo deviar l'ago del galvanometro di 5 fino a 15 gradi in senso opposto, in quello cioè che indicava la direzione dalle estremità al cervello. E il fenomeno di questa direzione a ritroso cessava col cessare dei fenomeni indicanti lo stato di spasmodia nell'animale.

Tutti questi sperimenti si ripeterono fino a sedici volte, e le risultanze furono con rara esattezza sempre le stesse, il che molto ammirarono i colleghi ch'eran presenti, e in particolar modo il chiariss. sig. prof. Bischoff, che si propose di partecipare tali osservazioni all'illustre Accademia Medica di Vienna. Nell'interrompere il circolo si notò parecchie volte che l'ago del galvanometro retrocedeva di 3, di 4 e perfino di 6 gradi.

Sperienza XIII. Infisso lo scandaglio d' argento nel cervello e l'altro nelle tonache del ventricolo dello stesso coniglio, replicando per sedici volte lo sperimento, si ebbe dapprima una corrente di 12 gradi che nei successivi sperimenti sempre andò decrescendo fino ai 5; si ebbero le stesse retrocessioni dell' ago del galvanometro nell' interrompere il circolo, le stesse diminuzioni della corrente sotto gli accessi del dolore, e perfino le stesse inversioni sotto all' ambascie spasmodiche, come del pari si notò uno stesso accrescersi della corrente sotto ai movimenti volontarii, automatici o convulsivi dell' animale.

Questi sono gli sperimenti che femmo, comparativamente a quelli narrati nella sperienza VI, onde investigare sovra uno stesso animale l' esistenza della corrente *esterna* e dell' *interna*, e questi sono quegli sperimenti che nella sperienza VI dicevamo che avremmo altrove esposti; ai quali un altro ne abbiam voluto aggiungere, che fu il seguente.

Sperienza XIV. A voler provare qual influenza potesse avere nell'animale l' aggiugnere un altro stimolo all' irritazione operata dalla ferita dello scandaglio, pensammo di riscaldare gli stessi scandagli in modo che non si potessero per noi toccare senza dolore, e così riscaldati come dicemmo, li conficcammo l' uno nel cervello e l' altro nel ventricolo, dal che n' avemmo una corrente di 25 gradi diretta dal cervello al ventricolo, sprigionata sotto alle grida e ai contorcimenti dell' animale; corrente che si ridusse a mano a mano a 3 gradi, col ritentarsi per sei volte queste stesse sperienze, in cui negli scandagli era necessario avvertire il venir meno del calorico, e nell'animale il mancar gradatamente della vita.

Si volle del pari tentar la prova di riscaldare alternativamente or l' uno or l' altro dei due reofori, il che pro-

dusse bensì l'aumento della corrente dai 10 ai 18 gradi, ma non ne cangiò mai la direzione. Di questi sperimenti torneremo a parlare quando diremo delle correnti *termo-elettriche* in altra memoria.

ANNOTAZIONI SOMMARIE.

In tali due ordini di sperimenti sono a notarsi le seguenti circostanze:

1.° Che è confermato esservi gran differenza fra gli scandagli d'acciajo e quelli d'argento, ed è confermato gli scandagli d'acciajo esser quelli che raccolgono la corrente più intensa, e che non ne cangiano la direzione, qualunque d'altronde possa essere la lor affinità chimica sugli umori animali.

2.° Che denudando i visceri si ottenne una corrente diretta costantemente dall'asse cerebro-spinale agli altri visceri od alle estremità, ossia dal nervo al muscolo.

3.° Che sotto ai movimenti volontarj, automatici o convulsivi la corrente s'accrebbe in intensità, come al contrario decrebbe o fu sospesa sotto al dolore, e nelle angoscie spasmodiche persino mutò direzione.

4.° Che coll'aggiungere lo stimolo del calore alla naturale irritazione prodotta dalla ferita degli scandagli la corrente s' accrebbe ma non cangiò direzione.

5.° Che variando nell'infiggere gli scandagli, ponendo cioè prima l'uno o l'altro in una delle due parti con cui si compie il circuito, la corrente non mutò direzione.

6.° Che la intensità della stessa serba tenore al grado della vita dell'animale.

7.° Che la corrente più manifesta fu quella che si sviluppò compiendo il circuito col cervello, o col midollo-spinale e il ventricolo, vale a dire coll'asse cerebro-spinale e il ventricolo.

Dagli accennati sperimenti, e da altri ancora che ora riferiremo, stabilimmo la terza proposizione che è la seguente:

Propos. III. *La* corrente elettro-vitale *negli animali a sangue caldo si affievolisce in ragione diretta del venir meno della vita; avvenuta la morte si inverte, corre cioè in senso opposto a quello in cui si dirigeva durante la vita* (1).

Questa proposizione risulta per la prima parte ad evidenza provata dalle risultanze dei già narrati sperimenti, e basterà rivedere le annotazioni sommarie che ponemmo in seguito ai medesimi per andarne convinti. Furono così ovvie nelle già riferite sperienze, e così costantemente e per tante volte ripetute le circostanze in cui si vide che al venir meno della vita si estinse gradatamente con essa la corrente *elettro-vitale,* che stimiamo inutil cosa ridire tutti i tentativi comprovanti questa prima parte della terza proposizione.

V.° ORDINE DI SPERIMENTI.

La seconda parte della terza proposizione, che cioè stabilisce *invertirsi la corrente, avvenuta la morte dell'animale,* è appoggiata a numerosi sperimenti, di cui ora esporremo i principali, non tralasciando di richiamare a questo luogo le risultanze degli ultimi tentativi notati nelle due precedenti sperienze.

Sperienza XV. Appena spirato un coniglio in cui avevamo già istituti gli sperimenti per ottenere la corrente

(1) Già fin nel 1838 l'illustre Matteucci (Biblioth. Univers., Mai 1838) aveva osservato che la corrente elettrica nelle rane dopo la loro morte si dirige dai piedi alla testa.

interna o dell'asse cerebro-spinale, si conficcò un reoforo d'acciajo nella midolla allungata, e l'altro nel nervo vago per cui si ottenne una corrente di 6 gradi diretta dal nervo vago alla midolla. Ritentato questo sperimento coi reofori d'argento, non si ebbe che una corrente di 3 gradi, ma della medesima direzione.

Lasciato il reoforo infisso nella midolla e posto l'altro nel cuore che aveva cessato allora allora dal pulsare, o almeno non dava pulsazioni discernibili ai nostri sensi, si ottenne una corrente di 5 gradi, diretta dal cuore alla midolla spinale.

N.B. Prima di queste due sperienze, vogliamo nuovamente avvertirlo, erasi già ottenuta cogli stessi reofori applicati nelle medesime parti durante la vita dell'animale, una corrente diretta dal midollo al cuore, o dal midollo ai nervi gastrici, come si è già notato di sopra.

Sperienza XVI. Nello stesso coniglio già morto da 10 minuti, ritentato il circolo con reofori d'acciajo l'uno infitto nel cervello e l'altro nel cuore, visceri ambedue posti a nudo, si ebbe dapprima una corrente di 15 gradi che si ridusse ne' successivi sperimenti a soli 3; corrente diretta dal cuore al cervello.

Replicate le stesse prove con reofori d'acciajo dopo quattro ore circa della morte si ebbe in un caso la corrente di 25 gradi, in un altro di 20, in un terzo di 10, e continuando gli sperimenti non si ottenne più alcun indizio di corrente, la quale fu però in tutti i casi diretta dal cuore al cervello. Se non che non possiamo tacerne alcuni che in modo assai positivo dimostrano la verità che asserimmo.

VI.° ORDINE DI SPERIMENTI.

Sperienza XVII. Scegliemmo il momento in cui un robusto coniglio (che in antecedenti sperienze ci aveva dato assai evidente la corrente *elettro-vitale interna*) scegliemmo adunque il momento in cui questo animale spirava. Gli conficcammo nel cervello, già posto a nudo, uno scandaglio d'argento e l'altro l'infiggemmo nel cuore, messo parimenti allo scoperto. Da ciò non si ottenne che una debole corrente diretta dal cervello al cuore. Si sostituirono allora sollecitamente agli scandagli d'argento quelli d'acciajo, e con questo mezzo si potè vedere manifestarsi una corrente di 25 gradi diretta dal cervello al cuore. Ritentate per quattro volte queste medesime prove si ebbero sempre i medesimi effetti dagli scandagli d'argento, e correnti sempre più languide da quelli d'acciajo, sicchè nell'ultimo sperimento, dopo due minuti dalla morte dell'animale, nemmeno coi reofori d'acciajo non si ottenne più indizio di corrente; e dopo sei minuti al contrario si ebbe cogli scandagli d'argento una corrente di 5 gradi diretta dal cuore al cervello, e con quelli d'acciajo una corrente di 10 gradi parimenti diretta dal cuore al cervello. Il qual ultimo tentativo, come ognun vede, appartiene propriamente a quelli che provano la seconda parte della terza proposizione, cioè l'*inversione* della corrente dopo la morte degli animali; sperimento che non abbiamo potuto a meno di riferire in questo luogo perchè mostra coll'evidenza del confronto la direzione della corrente durante la vita in opposizione alla direzione della medesima, avvenuta che sia la morte dell'animale.

Sperienza XVIII. Ad un coniglio (dopochè ci ebbe servito agli sperimenti onde ottenere la corrente *interna*), essendo già a nudo il cervello e il sistema muscolare della coscia, e l'animale sendo presso a morte, fu cònfitto un reoforo d'argento nel lobo sinistro del cervello e l'altro nei muscoli della coscia. Dal che avemmo una corrente di 6 gradi diretta dal cervello alla coscia. Cogli stessi reofori punzecchiammo il cervello e la coscia dell'animale che per tali dolorose irritazioni diede una scossa ed un tremito convulsivo momentaneo, nel qual atto la corrente da 6 gradi salì fino a 10. Se non che essendo in quel punto e forse per quel dolore spirato il coniglio, l'ago del galvanometro tornò rapidamente addietro quasi a zero, e stette oscillante per qualche minuto fra lo zero e i 5 gradi. Levato lo scandaglio dal cervello non v'ebbe alcun movimento nell'ago del galvanometro; dopo sei minuti dalla morte rimessi gli scandagli d'argento nelle parti sovr'accennate, v'ebbe una corrente di 5 gradi diretta dalla coscia al cervello, cioè in senso opposto a quella che si era ottenuta durante la vita.

Anche quest'ultimo tentativo spetta a quelli che valgono a comprovare *l'inversione della corrente* dopo la morte dell'animale, ugualmente come quello che abbiamo riferito nella precedente sperienza.

ANNOTAZIONI SOMMARIE.

Sono da avvertirsi in questi due sperimenti XVII, XVIII.

1.° Che nell'atto in cui nell'animale cessò la vita non v'ebbe manifestazione di corrente usando degli scandagli d'argento, come per contrario appalesarono evidentissima la corrente quelli d'acciajo.

2.° Che anche cogli scandagli d'acciajo dopo due minuti dalla morte non si ottenne più indizio di corrente.

3.° Che nella scossa, o nei moti convulsivi che accompagnarono la morte o furono causa di essa la corrente si fece per un istante più intensa, e cessò col cessar della vita, e che, mentre gli scandagli d' argento non avevano indicato esistere alcuna corrente nell' istante della morte, questa avvenuta, dalle stesse parti gli stessi scandagli ottennero una corrente opposta a quella che si aveva avuto durante la vita.

VII.° ORDINE DI SPERIMENTI.

Sperienza XIX. Dopo 3 ore dalla morte si infisse profondamente nel lobo sinistro del cervello d'un coniglio uno scandaglio d'acciajo e l'altro si conficcò attraverso alle membrane sulle quali si dirama il plesso gastrico. Da ciò si ebbe una corrente di 35 gradi diretta dal plesso al cervello, per la via del galvanometro, come fu in tutti gli altri sperimenti. Durante il tempo che rimase chiuso il circuito l'ago del galvanometro restò deviato di 15 gradi dalla sua primitiva posizione; deviazione che fu notata anche più dal ritorno dell'ago alla posizione iniziale nell'atto del levare gli scandagli.

Dopo 15 minuti ritentato lo stesso sperimento coi reofori d'acciajo, ma in un altro punto del plesso gastrico, si ebbe una corrente di 40 gradi diretta dal plesso al cervello, e la direzione non fu mai cangiata sia che si infiggesse prima lo scandaglio nel plesso, o nel cervello. Se non che continuando a replicare gli sperimenti, la corrente fu sempre di minore intensità, onde si ridusse a 10 gradi, e finalmente a 3.

Notiamo che lo scandaglio talvolta fu impiantato nel ventricolo in modo da entrare nella sua cavità, e tal altra fu infitto tra tonaca e tonaca del ventricolo stesso. In ogni caso si ottenne bensì la corrente nella medesima direzione,

ma fu di appena 25 gradi in quel caso che lo scandaglio penetrava solamente tra lamina e lamina dei tessuti gastrici.

Tali furono i risultamenti ottenuti cogli scandagli d'acciajo, risultamenti che provano l'inversione della corrente dopo la morte dell'animale. Ora vedremo quelli ottenuti con reofori d'argento.

Sperienza xx. Appena spirato un coniglio, stato precedentemente assoggettato ad altri sperimenti, sendo a nudo la colonna vertebrale, si infisse nella midolla allungata uno scandaglio d'argento, e l'altro fra le tonache del ventricolo. Si ottenne da ciò una corrente di 7 gradi diretta dal ventricolo alla midolla spinale. Ritentata la prova infiggendo lo scandaglio in altro punto del ventricolo, ma sempre tra membrana e membrana del medesimo, si ebbe una corrente di 15 gradi, diretta, per la via del galvanometro, dal ventricolo alla midolla.

Replicato lo sperimento ponendo lo scandaglio d'argento nel cervello e lasciando l'altro nel ventricolo, si ebbe una corrente di 9 gradi nella direzione dal ventricolo al cervello.

Ponendo poscia uno scandaglio nel cervelletto, e l'altro quando nel cuore, quando nel polmone, quando nel fegato, non si ebbero in ogni caso che minime correnti, vale a dire dai 3 ai 4 gradi, dirette sempre da questi visceri al cervello. E questi sperimenti si rinnovarono parecchie fiate e sempre coi medesimi risultamenti.

Sperienza xxi. In un coniglio che durante la vita aveva dato pochissima manifestazione di corrente *elettrovitale interna*, si volle sperimentare l'intensità di quella corrente che si poteva poco dopo la morte ottenere trapassando le tonache del ventricolo e penetrando nella sua

cavità. Infatti posto uno dei reofori d'argento entro al cervello già denudato, e profondamente infittolo fino a toccare la midolla allungata, l'altro si conficcò entro alle tonache del ventricolo posto a nudo, trapassandole prestamente e immergendo lo strumento in tutta la cavità del ventricolo stesso. Si sprigionò tosto una corrente di 45 gradi diretta dal ventricolo al cervello. Al togliersi dello scandaglio l'ago del galvanometro retrocesse di 4 gradi.

Ritentato questo sperimento, si ottennero per varie volte correnti assai deboli, le quali furono anche più deboli quando, lasciato nel cervello il reoforo che vi stava infisso, scandagliammo coll'altro ora gli intestini, ora il fegato, la milza, i reni e perfino la vescica orinaria. Le correnti che diedero questi visceri si può dire essere state inapprezzabili.

Sperienza XXII. Dopo sei ore dalla morte tentammo su varii conigli gli sperimenti medesimi che riferimmo fatti poco dopo cessata la vita e avemmo risultanze o minime od equivoche, tali insomma che non meritano di esser valutate, nè poste nel numero de' fatti.

ANNOTAZIONI SOMMARIE.

Ecco ciò che abbiamo notato in questo ordine di sperimenti.

1.° Che i reofori d'acciajo e d'argento diedero costantemente le correnti nella medesima direzione, benchè, come sempre si vide, quelli d'acciajo più intense di quelli d'argento.

2.° Che le correnti dopo la morte dei conigli furono costantemente dirette dai visceri all'asse *cerebro-spinale*, il che si vide accader viceversa durante la vita.

3.° Che le correnti come furono manifestissime appena avvenuta la morte o poco dopo, altrettanto si fecero più deboli in propor-

zione che lo sperimento si fece in epoca più lontana dalla cessazione della vita.

4.° Che la corrente ottenuta trafiggendo le membrane o tonache del ventricolo, fu minore di quella che si sviluppò quando lo scandaglio penetrò nella cavità del ventricolo stesso.

5.° Che la corrente diretta dal ventricolo all' asse *cerebro-spinale* fu quella che si mostrò della maggiore intensità in confronto di quella diretta dagli altri visceri all' asse medesimo.

6.° Che nei conigli dopo 5 o 6 ore dalla loro morte (almeno in tempo d'inverno nel quale noi abbiamo sperimentato), la corrente non dà più indizio di sè.

I risultamenti delle quali sperienze confermano pienamente ciò che fu per noi annunziato nella terza proposizione.

La quarta proposizione da noi stabilita si è la seguente:

Propos. IV. *Il dolore indebolisce o sospende la corrente* elettro-vitale, *e se è massimo la inverte. — I movimenti volontarii o automatici convulsivi danno per contrario una corrente maggiore che può dirsi scarica di corrente.*

Questa proposizione è facilmente provata quando si vogliano richiamare alla mente le risultanze dei varii sperimenti narrati e le parziali annotazioni sommarie che ponemmo in seguito a ciascun ordine dei medesimi.

Quindi e per amore di brevità, e per non ridire ciò che già diffusamente fu detto nelle sperienze, e fu specialmente avvertito nelle annotazioni sommarie, richiamiamo alla memoria del lettore que' risultamenti, e lo rimandiamo alle annotazioni, certi che avrà in ciò sufficientissime prove delle nostre asserzioni.

Un solo caso aggiugneremo perchè straordinario e perchè stimiamo che vada meglio che altrove riportato a questo luogo, ed è il seguente:

Sperienza xxiii. Ad un vispo coniglio infiggemmo uno scandaglio d'argento fra tonaca e tonaca del ventricolo e l'altro profondamente nel cervello fino a toccare la midolla allungata. Questo sperimento si fece rapidamente e bruscamente. Nell'atto d'infiggere lo scandaglio entro al cervello si notò una corrente di 5 gradi diretta dal cervello al ventricolo, ma nello spingere più profondamente lo scandaglio attraverso al cervelletto fino a toccare la midolla allungata, il coniglio cadde in subita violentissima spasmodia, mise fortissime grida con tremito convulsivo e angoscioso. La corrente tosto si invertì, e l'escursione dell'ago segnò una corrente di 35 gradi in senso opposto alla prima, diretta cioè dal ventricolo al cervello. Dopo un minuto il coniglio spirò.

La quinta proposizione che si venne a stabilire dalle nostre sperienze si è:

Propos. V. *Che la corrente* elettro-vitale *o non si può scandagliare e misurare, o in fatto non esiste fra le varie parti d'uno stesso viscere, ed è debolissima e forse anco nulla tra viscere e viscere.*

Di ciò infatti avemmo prova dalle seguenti sperienze.

viii.° ordine di sperimenti.

Sperienza xxiv. In un robusto coniglio denudate ambedue le parti superiori degli emisferi cerebrali, ponemmo un reoforo d'acciajo profondamente nel destro emisfero, e

l'altro del pari profondamente nell' emisfero sinistro. Non avemmo apprezzabile indizio di corrente.

Questo sperimento si ritentò coi reofori d' argento senza che vi fosse diversità di risultanza.

Al contrario, infitto un reoforo d'acciajo profondamente in un lobo, e l'altro reoforo pure d' acciajo immerso obbliquamente nella sostanza corticale del cervello, si ebbe un indizio di corrente diretta dalle parti corticali od esterne alle parti profonde. Ritentata la prova cogli scandagli d' argento, non vi fu corrente di sorta.

Sperienza xxv. Posto un reoforo d' acciajo nel lobo destro del cervello denudato d' un coniglio, e l'altro nella midolla allungata, quindi nella midolla spinale cervicale, poscia anche nella lombare, non si ebbero correnti apprezzabili, ciò che accadde anco cogli scandagli d' argento. Ritentati gli sperimenti compiendo il circolo coi reofori tanto d' acciajo che d' argento fra la midolla allungata e la coda equina, e così pure fra la midolla allungata e i varii punti della midolla spinale, non si ebbero mai indizii di decise correnti, ma semplici oscillazioni incalcolabili dell' ago del galvanometro.

Sperienza xxvi. Aperto il bassoventre e il torace ad un coniglio vivo, si conficcò uno scandaglio d' acciajo nel fegato e l' altro nel polmone, e quindi nel cuore, poscia si compiè il circolo fra il cuore e il polmone, e quindi tra polmone e polmone, tra il cuore e la milza; e ritentate queste prove cogli scandagli d' argento, non si ebbero mai correnti apprezzabili, tali almeno da lasciarci vedere costanti e decisi risultamenti.

Sperienza xxvii. In varii conigli e dopo ore variamente distanti dal punto della lor morte si praticarono reiterati sperimenti per verificare se v' avesse qualche specie

di corrente in uno stesso viscere, oppure da viscere a viscere. Infatti compiuto il circuito cogli scandagli d'acciajo dal lobo destro del cervello al sinistro, dal cervello ai varii punti della midolla allungata e spinale, da un'ala all'altra del fegato, dal fegato al polmone, dal fegato alla milza, dal cuore al polmone, e da polmone a polmone, e persino dal fegato alla vescica orinaria, non si ebbero correnti apprezzabili dagli scandagli d'acciajo come neppure si ottennero sperimentando ugualmente cogli scandagli d'argento.

ANNOTAZIONI SOMMARIE.

In questi sperimenti potemmo avvertire:

1.° Che non v'è corrente *propria* nell' asse *cerebro-spinale*, ossia non v'è corrente che compia il circolo in quell'asse medesimo negli animali vivi.

2.° Che l'immersione più profonda d'uno scandaglio in confronto d'un altro, anche in uno stesso viscere, può forse indicare una qualche corrente, della quale però non si potrebbe assegnare alcun carattere.

3.° Che niuna corrente si trovò esistere dopo la morte degli animali che compiesse il circolo nell' asse *cerebro-spinale*, meno ancora negli altri visceri, nè tra viscere e viscere.

Tali furono per ora i nostri sperimenti intorno alle correnti elettro-fisiologiche o intorno a quella corrente che abbiamo detto *elettro-vitale*. In altra memoria esporremo altre nostre sperienze intorno a questo argomento, e quelle pure relative alle altre due specie di correnti, cioè alla corrente *elettro-chimica comune* e alla *termo-elettrica*.

Dalle risultanze de' nostri sperimenti vorremo solamente ci fosse lecito venire ad alcune *congetture*, alle quali neppure vogliamo dare il nome di *deduzioni*, perchè in materie cotanto astruse, in materie in cui forse ignote ca-

gioni potrebbero averci presentato illusorii effetti, crediamo sommamente importante il proceder guardinghi e severi, onde al regno omai troppo vasto delle mediche ipotesi altre per avventura, contro il nostro medesimo intendimento, non fossimo anche noi per aggiugnerne.

Se non che, posta la verità di ciò che osservammo, e che altri ebbe con noi osservato, si potrebbe congetturare:

I.° Che entro al tessuto cutaneo degli animali circoli una corrente *elettrico-vitale*, la quale dalla cute si diriga a quegli organi in cui essenzialmente sta l'*efficacia vitale* o quel principio, che quasi in centro, governa la vita. Questi organi sono quelli che compongono l'asse *cerebro-spinale*, in cui la corrente elettrica vitalmente modificata, da quest'asse pei naturali conduttori animali quali sono specialmente i nervi, si dirama ai tessuti, alle membrane e agli organi locomotori, ai visceri ec., nell'intimo chimismo dei quali adopra con arcana potenza nell'adempimento delle loro funzioni.

II.° Che l'asse *cerebro-spinale* sia quel centro massimo da cui emanino a tutti i visceri le correnti, qualunque siane la natura, dell'*efficienza vitale* durante la vita sensifera degli animali, e sia parimenti quel centro massimo a cui tendano e in cui si raccolgano tutte le correnti della vita organica tanto durante il periodo in cui è attiva la vita sensifera, come in quello in cui, cessata la stessa vita sensifera, dura tuttavia la vita organica.

III.° Che nel circolo incessante di queste due varie correnti, e nel loro metter capo in un centro massimo stia quel vincolo o quella gran colleganza che unisce la vita sensifera alla vita organica, laonde si spieghi ciò che han mostrato le tante volte i fisiologi, che cioè alcune parti di questo centro alla vita sensifera, altre alla vita vegetante presiedano.

IV.° Che si potrebbe vedere il perchè, nelle sperienze per noi istituite negli animali dopo cessata la vita sensifera, dovesse comparire l'*inversione* della corrente. Ciò infatti potrebbe significare che fino a tanto che predomina nell'animale la corrente più attiva della vita sensifera, gli attuali nostri mezzi non valgono a scandagliare nè a misurare quella più debole della vita organica. Laonde si spie-

gherebbe come sotto l'intensità del dolore, diminuendosi o sospendendosi la corrente della vita sensifera, potesse aver luogo la manifestazione della corrente della vita organica; il qual fenomeno che le tante volte è accaduto nelle nostre sperienze, noi abbiam denominato *inversione* della corrente.

v.° Che i nostri mezzi d'esplorazione non iscandagliano e non ci additano che una sola corrente, cioè quella che è la più intensa o la più esterna relativamente all'animale o ai nostri mezzi d'esplorazione. Ciò sarebbe provato dal primo ordine de' nostri sperimenti in cui gli scandagli davano indizio della corrente *cutanea*, abbenchè immersi nei visceri più profondi; il qual fenomeno avveniva perchè per l'atto materiale o per la forma delle sperienze la corrente *cutanea* riusciva la più prossima ed opportuna ad essere scandagliata.

vi.° Che col sistema circolatorio di queste correnti *nevro-elettriche* si potrebbe fare un confronto di ciò che accade nel sistema della circolazione sanguigna. Nel primo caso il midollo spinale e il cervello costituiscono quel centro massimo o quell'asse a cui le correnti tendono, in cui si raccolgono e vitalmente ed essenzialmente si modificano onde poi diramarsi a tutti i sistemi, dai quali ritornano al centro massimo, come il sangue arterioso che, partito dal polmone e dal cuore, torna venoso al cuore e al polmone.

vii.° Che siccome nella onda sanguigna vitale non consiste la vita, così nemmeno in queste correnti vitali si deve cercare o riporre il *principio* o l'*efficienza vitale*, che essenzialmente e intimamente non può che essere consustanziata al tessuto, all'impasto, o chimismo degli organi. Quindi siccome la natura e la velocità del sangue ec. non sono che effetti della vita, e non riescono ai nostri mezzi d'esplorazione o ai nostri sensi che altrettanti indizii misuratori di quella, così l'intensità e la direzione delle correnti elettro-vitali non sono parimenti che gli effetti e forse gl'indizii più prossimi e più squisiti, relativamente agli attuali nostri mezzi d'esplorazione, della vita medesima.

viii.° Che siccome alcune cause ritardano o sospendono la circolazione del sangue, così il dolore ritarda e sospende le correnti elettro-vitali; e siccome gli urti, le scosse e i movimenti degli animali accelerano in essi la circolazione sanguigna, così le stesse scos-

se, gli urti, i movimenti ec. accrescono l'intensità delle correnti elettro-vitali. Questi fenomeni nel primo caso come nel secondo non sono che i segni esteriori o gl'indizii dell'intime e secrete perturbazioni della vita.

Tali sono le brevi congetture che avvisammo lecito esporre, e alle quali ulteriori tentativi, altri sperimentatori, e le nostre medesime future sperienze potranno o togliere od aggiungere probabilità. Noi le abbiamo accennate senza alcun amor di partito, ma solamente come tali ipotesi fisiologiche, che se di maturi esami per avventura non riuscissero immeritevoli, potessero a noi o ad altri sperimentatori tracciar qualche guida a nuove sperienze.

(Articolo estratto dal Vol. III. Fasc. II, III. del *Memoriale della Medicina Contemporanea.* Venezia, tip. Merlo, 1840.)